

# Kako zelena je infrastruktura velikih oblakov?

Mojca Ciglarič

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko, Večna pot 113, 1000 Ljubljana, Slovenija  
E-pošta: [mojca.ciglaric@fri.uni-lj.si](mailto:mojca.ciglaric@fri.uni-lj.si)

**Povzetek.** Obravnavanje okoljskih tem in implementacija okoljevarstvenih praks že nekaj časa postajata pomembni področji delovanja podjetij, državnih politik in družbe v najširšem pomenu. Hkrati se je v zadnjem desetletju uporaba informacijskih tehnologij izjemno povečala na številnih področjih, ki vplivajo na višjo kakovost vsakdanjega življenja in optimizacijo dela. Kljub pozitivnemu vidiku in napredku informacijske tehnologije tudi negativno vplivajo na okolje. Računalniška in druga IT-infrastruktura, posebno podatkovni centri, porabijo velikanske količine električne energije za napajanje in hlajenje sistemov. Posamezen strežnik namreč na vsako enoto energije, ki jo porabi za delovanje, potrebuje še približno toliko energije za hlajenje. Oba procesa posredno prispevata svoj delež k izpustom toplogrednih plinov.

Osnovni namen te analize je pregledati raziskovalni vidik področja zelene informatike ter stanje gonilnih sil in formalnih okvirov, ki oblikujejo področje zelene informatike in s tem tudi zelenega podatkovnega centra. Te sile so primarno pritiski nevladnih organizacij, raznih zelenih skupin, Greenpeacea in podobnih ustanov, ki se pozneje prek opozarjanja na okoljske težave formalizirajo v uradna priporočila in direktive EU, posledično pa po določenem času najdejo svoj prostor v lokalni zakonodaji.

**Ključne besede:** zelena informatika, trajnostni razvoj, podatkovni center, zeleni internet, energetska učinkovitost

## Big cloud infrastructures: how green are they?

Addressing environmental issues and implementation of environmental practices are becoming important areas of businesses, government policies and society in the broadest sense. In the last decade the use of information technologies increased tremendously in many areas that positively affect our everyday life and optimize how we work. However with all the positive aspects, IT also comes with a negative impact on the environment. Computer infrastructures and data centers consume huge amounts of electricity for operation and cooling systems. Every unit of energy consumed for processing requires approximately as much energy for cooling. Both processes contribute to emissions of greenhouse gasses. The primary purpose of this analysis is to review recent research in the green IT area and explore the state of the informal drivers and formal initiatives that influence the development of green IT and enable greener data centers. Primarily the pressures come from non-governmental organizations, i.e. Greenpeace and like, and later their warnings get formalized into official recommendations, EU directives and consequently, after some time they find their place in local legislation.

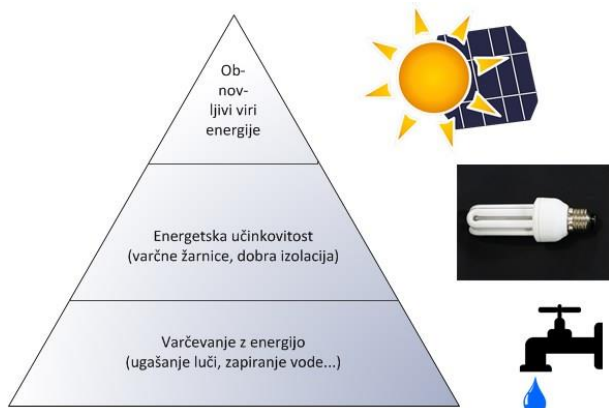
## 1 UVOD

Obravnavanje okoljskih tem in implementacija okoljevarstvenih praks že nekaj časa postajata pomembni področji delovanja podjetij, državnih politik in družbe v najširšem pomenu. Hkrati se je v zadnjih

letih uporaba informacijskih tehnologij izjemno povečala na številnih področjih, ki vplivajo na višjo kakovost vsakdanjega življenja in optimizacijo dela. Ob pozitivnem vidiku, in sicer napredku ter široki uporabi informacijskih tehnologij (v nadaljevanju IT), ni zanemarljiv njihov negativni vpliv na okolje. Računalniška in druga IT-infrastruktura, pri čemer velja posebej omeniti podatkovne centre, porabi zajetne količine električne energije tako za napajanje kot za hlajenje sistemov. Posamezen strežnik namreč na vsako enoto energije, ki jo porabi za delovanje, potrebuje še vsaj toliko ali tudi do 50 odstotkov več energije za hlajenje [1]. Oba procesa posredno prispevata svoj delež k izpustom toplogrednih plinov.

Na splošno potrebe IT-oddelkov po nekaterih virih pomenijo do 50 odstotkov celotnih energetskih stroškov organizacije [1], v primerjavi s klasičnim pisarniškim prostorom pa podatkovni centri porabijo tudi do 50-krat več elektrike. V letu 2010 so podatkovni centri porabili med 1,7 in 2,2 odstotka elektrike v ZDA, pri tem pa je še zlasti pomembno upoštevati trende, ki kažejo, da se je poraba skoraj podvojila med letoma 2000 in 2005, v naslednjih petih letih pa je narasla še za približno 36 odstotkov. Kljub večji energetske učinkovitosti v najsodobnejšem času so zaradi razširjenosti in naraščajočega trenda rasti podatkovni centri še vedno pomemben porabnik elektrike. Do leta 2020 je

predvidena približno 9-odstotna rast na leto [2]. Sklepamo lahko, da so tudi v EU trendi podobni oziroma enako usmerjeni kot v ZDA. Težava sta tudi sama proizvodnja in odstranjevanje oziroma recikliranje strojne opreme, potrebne za delovanje podatkovnih centrov [3].



Slika 1: Relativno preprosti ukrepi lahko pomenijo do 50-odstotne prihranke električne energije.

Odgovornost do okolja je predvsem etična, a je posledično tudi formalizirana v obliki zakonov in regulativ na državni, evropski in svetovni ravni, po drugi strani pa so pobude in pritiski nevladnih organizacij prav tako močni in relevantni, saj marsikje krojijo javno mnenje ter vplivajo na ugled in percepcijo blagovne znamke ali organizacije pri potencialnih strankah. Podatkovni centri, ki sledijo smernicam za okolju prijaznejše delovanje, morajo analizirati stanje in implementirati spremembe na področjih energetske učinkovitosti, izpustov toplogrednih plinov, uporabe okolju prijaznih materialov, spodbujanja ponovne uporabe in recikliranja. Dejavniki, kot so na primer naraščajoči stroški odlaganja odpadkov, vpliv ekološke ozaveščenosti na celostno podobo podjetij in javno mnenje, dajejo dodaten zagon za razmislek in aktiviranje v smeri okoljevarstvenih odločitev tudi za podatkovne centre [3].

Vplive in pritiske na spremembe v zasnovi in delovanju podatkovnih centrov v bolj zeleno smer bi lahko razvrstili v štiri širše kategorije. Prvo tvorijo zavezujoči predpisi, ki so postavljeni bodisi na ravni posamezne države bodisi na mednarodni ravni, za Slovenijo so pri tem posebej relevantni predpisi Evropske unije. V drugo kategorijo spadajo lokalne spodbude, ki merijo predvsem na ugled podjetij (umeščanje podjetja v odnosu do okoljevarstvenih vprašanj). Tretja kategorija so stroški, predvsem prek obdavčenja (zeleni davki, npr. obdavčenje izpustov toplogrednih plinov), ti so trenutno pod vplivom finančne krize, ki je razrahljala omejitve na tem področju. V četrto kategorijo pa lahko uvrstimo različne

tipe finančnih spodbud, npr. sofinanciranje energetske učinkovitejših rešitev [4].

V kategorijo ugleda podjetij lahko uvrstimo tudi pritiske nevladnih organizacij, ki v obliki okoljevarstvenih kampanj javnost obveščajo o škodljivih vplivih data centrov na okolje. Takšna je npr. organizacija Greenpeace [5], ki v svoji publikaciji *How clean is your cloud?* (Kako čist je vaš oblak?) imenuje konkretna podjetja z velikimi podatkovnimi centri (Facebook, Amazon, Apple, Microsoft, Google, Yahoo, ...) in v nadaljevanju analizira njihovo delovanje v odnosu do varstva okolja.



Slika 2: Greenpeaceova prizadevanja za ozaveščanje o okoljskih vplivih IT-velikanov zajemajo tudi subverzivne akcije izobešanja velikih transparentov na stavbe »grešnikov«. (Vir: techworld.com, greenpeace.org)

Kategorije, ki jih upošteva, so vir energije (tip, obnovljivost), transparentnost, infrastruktura, učinkovitost izrabe energije in druge, pri tem pa podjetja ocenjuje in primerja med seboj. Njihove ugotovitve za podjetja sicer nikakor niso neposredno zavezujoče, vendar pa so odmevne v javnosti in tako svoj prostor dobijo tudi v medijih (npr. <http://www.datacenterknowledge.com/archives/2014/04/03/apple-google-facebook-earn-high-marks-greenpeace/>) in posredno vplivajo na ugled podjetja. Prav tako pa so odmevne tudi Greenpeaceove aktivnosti, s katerimi javnost ozavešča o problematiki, kot kaže na primer slika 2.

## 2 PREGLED RAZISKAV NA PODROČJU ZELENIH OBLAKOV

Prve resne objave o zeleni infrastrukturi oblakov v znanstvenih revijah so se začele v letih 2009 in 2010. O viziji zelenega oblaka je že leta 2009 pisal Ali [19]. Buyya in soavtorji [16] leto pozneje podrobneje opisujejo vizijo, izzive in arhitekturne elemente,

potrebne za dinamično in energetska varčno zagotavljanje virov v oblaku. Baliga in soavtorji v [17] analizirajo, na katerih mestih v oblaku se porablja največ energije, in ugotavljajo, da to še zdaleč ni samo pri procesiranju in hranjenju podatkov. Dougherty in soavtorji [18] predlagajo modelno voden pristop k samodejnemu skaliranju infrastrukture, ki učinkovito zmanjšuje porabo za odvečne sistemske vire.

Garg s soavtorji [20] opozori na razliko med energetska učinkovitostjo in prijaznostjo okolju ter predlaga smernice, ki so bolj prilagojene zmanjševanju ogljičnega odtisa oblaknih infrastruktur. Li in soavtorji [21] opozarjajo, da specifična zelenega podatkovnega centra vpliva tudi na varnost, in zato predlagajo dodatna priporočila za varnost infrastrukture, postavljene s poudarkom na okoljski prijaznosti.

V preteklem in tekočem letu pa opažamo čedalje več raziskav, ki se ne ukvarjajo več v večji meri z analizo in priporočili, ampak opisujejo konkretne, detajlno izdelane pristope in metodologije, nekateri tudi že merljive rezultate. Farahnakian s soavtorji opisuje [22] nov pristop, kjer napoveduje potrebe po virih za namen konsolidacije navideznih računalnikov in s tem značilno zmanjša porabo energije. Berral in soavtorji [23] opisujejo lokacijsko odvisen pristop kreiranja in selitve navideznih računalnikov tako, da se čim več uporabljajo podatkovni centri, ki jih napaja energija iz obnovljivih virov (vetrna, sončna).

Anandharajan s soavtorji [24] opisuje simulacijo delovanja zelenega oblaka, temelječo na resničnem prometu (trace), ki s konsolidacijo navideznih računalnikov dosega 39 % večjo učinkovitost kot klasični pristop. Cui s soavtorji [25] predstavi senčno replikacijo – novo metodo za zagotavljanje odpornosti proti napakam, namenjeno prav za zagotavljanje odpornosti zelenih infrastruktur s ciljem zagotavljanje energetska učinkovitost tudi v postopku okrevanja sistema. V [26] Jing in soavtorji predstavljajo prvo pregledno študijo področja, v zaključku pa predlagajo tudi izbor tehnik in metod upravljanja zelenih podatkovnih centrov.

Medtem ko se veliko člankov ukvarja s porazdelitvijo navideznih računalnikov po strežnikih, Rajasekar in Mohammed [27] opazujeta oblak kot celoto – več podatkovnih centrov in komunikacijske poti med njimi. Predlagata model, ki optimizira tudi replikacijo vsebin in njihovo lociranje v bližino uporabnikov, ter delitev navideznih računalnikov na več manjših in njihovo lociranje v bližino uporabnikov, kar zmanjša porabo omrežja in tudi skupno porabo energije v primerjavi z eno samo osrednjo lokacijo.

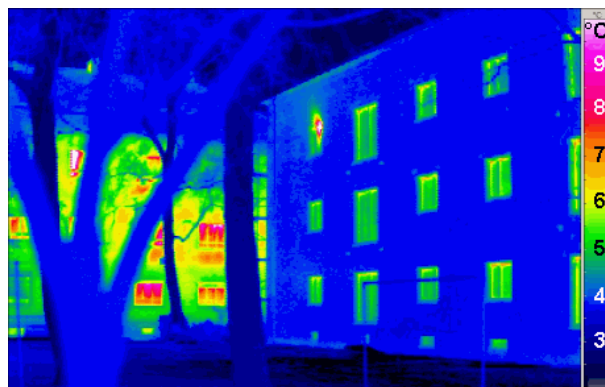
Če povzamemo, področje je trenutno izjemno živo in pestro, iz objav pa lahko vidimo, da je še vedno v začetni fazi. Veliko je problemov, ki jih je še treba raziskati in rešiti, da bomo dosegli stopnjo, ki bo okoljsko vsaj nevtralna.

### 3 FORMALNI OKVIRI, KI SPODBUJAJO PRIJAZNOST OBLAKOV DO OKOLJA

#### 3.1 Energetska učinkovitost stavb

V direktivi evropskega parlamenta in sveta o energetska učinkovitosti stavb 2002/91/ES [6] se nahajajo določite zahteve EU glede energetska učinkovitosti – te seveda veljajo tudi pri gradnji podatkovnih centrov. Med drugim direktiva vsebuje tudi zahtevo po energetska izkaznici (člen 7). Ta pomeni pomemben pritisk na podatkovne centre, ki želijo privabiti kupce. S pomočjo boljše energetska izkaznice podjetja povečujejo svoj ugled.

Leta 2010 je izšla direktiva o energetska učinkovitosti stavb (direktiva 2010/31/EU [7]), ki še natančneje določa zahteve. Ena od zahtev omenjene direktive je tudi “skoraj ničenergetska stavba», ki pomeni stavbo z zelo visoko energetska učinkovitostjo, določeno v skladu s Prilogo I k tej direktivi [7]. Za skoraj nič potrebne energije oziroma zelo majhno količino potrebne energije bi v zelo veliki meri morala zadostovati energija iz obnovljivih virov, vključno z energijo iz obnovljivih virov, proizvedeno na kraju samem ali v bližini. Javne osebe, ki imajo v lasti nove stavbe, ki jih javni organi uporabljajo kot lastniki, so pri gradnji ali obnovi dolžne zagotoviti, da so stavbe “skoraj ničenergetske”.



Slika 4: Posnetek s termalno kamero pokaže energetska izgube stavbe. V ospredju na desnem delu slike je pasivna stavba, ki ima zelo malo toplotnih izgub – modre in zelene površine, v ozadju pa klasično grajena stavba, ki ima večje izgube – rumene in rdeče površine. (Vir: www.wikipedia.org)

Ta direktiva trenutno nima velikih finančnih posledic za že obstoječe podatkovne centre, saj jih zavezuje zgolj k pridobitvi energetska izkaznice in k rednim pregledom klimatskih naprav. Drugače je z novimi zgradbami, ki bodo zgrajene šele po 31. decembru 2020. Takrat bodo v skladu z direktivo morale vse stavbe biti “skoraj ničenergetske”.

### 3.2 »Code of Conduct« in energetska učinkovitost podatkovnih centrov

Evropski program Code of Conduct (CoC [8]) je prostovoljna iniciativa ali interesno združenje, namenjeno lastnikom podatkovnih centrov in drugim organizacijam in subjektom, ki ponujajo storitve podatkovnim centrom. Ukvarjajo se z dvema področjema. Prvo je področje uporabe IT-opreme v podatkovnih centrih, drugo pa področje mehanskih in električnih sistemov, ki podatkovnim centrom zagotavljajo električno energijo. Iniciativa je bila ustvarjena kot odgovor na povečano porabo energije v podatkovnih centrih, kar je povzročilo okoljske, ekonomske in energetske vplive [9]. Člani si med seboj izmenjujejo znanja in izkušnje in si dajejo medsebojno podporo pri graditvi vedno bolj zelene infrastrukture.

Pritisk, ki bi ga podatkovni centri lahko čutili s strani CoC je ta, da si želijo biti na njihovih javnih seznamih. CoC namreč podatkovnemu centru v zameno za zmanjšanje okoljskih vplivov ponuja:

- vključitev v javni seznam podatkovnih centrov, ki zmanjšujejo okoljske vplive pod njegovim okriljem;
- možnost javne trditve, da sodelujejo pri Evropskem projektu in da so okolju prijazno podjetje;
- brezplačno oglaševanje;
- možnost vsakoletnih nagrad za okoljsko učinkovitost in podobnih nagrad.

Na seznamu podatkovnih centrov v okviru CoC je trenutno skoraj 200 podatkovnih centrov, ki so v lasti 100 organizacij (posamezna organizacija lahko v seznam vključi enega ali več podatkovnih centrov).

Podatkovni centri se nahajajo v skoraj vseh evropskih državah, med lastnicami pa so različna telekomunikacijska podjetja, IT-hiše, univerze, farmacevtski giganti in druga podjetja, pa tudi organizacije s sedežem zunaj Evrope, na primer Google, Verizon in eBay.

CoC vključuje tudi seznam članov podpornikov – večinoma so to organizacije, ki podatkovnim centrom ponujajo storitve, čeprav jih same nimajo v lasti. Ta seznam vključuje več kot 200 organizacij iz vse Evrope, med njimi so tudi na primer 3Com, Dell, Fujitsu Services, Schneider Electric in drugi.

### 3.3 Zahteve za okoljsko primerno zasnovane izdelke, ki porabljajo električno energijo

Na IT-opremo v podatkovnem centru vpliva direktiva evropskega parlamenta in sveta 2005/32/EC[10] o vzpostavitvi okvira za določanje zahtev za okoljsko primerno zasnovane izdelke, ki uporabljajo električno energijo.

V besedilu se ugotavlja, da je potreba po električni energiji najhitreje rastoča kategorija rabe končne energije. Brez politike, ki bi ta trend nevtralizirala, je povečanje te potrebe in posledično rabe energije predvideno tudi v nadaljnjih 20 do 30 letih. Komisija pa je ugotovila, da je mogoče doseči znatno zmanjšanje porabe, če se na vseh področjih sistematično varčuje z energijo. S tem se hkrati povečata zanesljivost oskrbe in zmanjšanje odvisnosti od uvoza električne energije, obenem pa se zmanjša vpliv na podnebne spremembe, kar je tudi eden prednostnih ciljev. Kot posledica takšnega razmišljanja je bila sprejeta ta direktiva.

S pomočjo direktive je bilo ustvarjeno okolje, v katerem je treba že pri načrtovanju strojne opreme poskrbeti za manjšo porabo električne energije in za minimiziranje drugih negativnih vplivov izdelka na okolje. Prodaja določene opreme brez potrditve skladnosti s to direktivo v Evropi sploh ni mogoča. Direktiva se nanaša na naprave za ogrevanje in segrevanje vode, sisteme elektromotorjev, potrošno elektroniko in sisteme HVAC (ogrevanje, prezračevanje in klimatizacija). Ta direktiva sili podatkovne centre k uporabi varčnejših naprav na vseh področjih.

### 3.4 Listina Green Digital Charter

Green Digital Charter [11] je listina – deklaracija, ki jo lahko podpišejo evropska mesta. S podpisom te listine se mesta zavežejo k:

- zmanjševanju izpustov na področju informacijskih in komunikacijskih tehnologij,
- promociji napredka in boju proti podnebnim spremembam z inovativno uporabo digitalnih tehnologij v mestih.

Listino je podpisalo že 42 evropskih mest. V zameno za podpis listine mesta dobijo:

- potrdilo, da izvajajo program Evropske unije inteligentnih mest,
- promocijo mesta,
- financiranje iz projekta NiCE in druge oblike financiranja.

Čeprav listina podatkovnih centrov ne omenja neposredno, so ravno podatkovni centri tisti, pri katerih bodo evropska mesta najlaže uresničila zahteve listine, h katerim so se zavezale. Podpis listine je prostovljen, a mesta ustvarjajo dodaten pritisk na lastnike podatkovnih centrov na njihovi lokaciji, večinoma sicer posredno prek financiranja in ugleda mest, a vendarle.

Naj navedemo nekaj ciljev iz listine, h katerim se zavezujejo mesta podpisniki in ki so neposredno uporabni tudi v podatkovnih centrih:

- Spodbujanje uporabe opreme IKT z majhnimi izpusti, vključno s tankimi odjemalci, pametno uporabo prenosnikov in energetske učinkovitimi strežniki.

- Uporaba obnovljivih virov energije za napajanje IKT in izkoriščanje odpadne energije IKT, na primer za ogrevanje stavb.
- Podpora ustvarjanju nizkoogljične digitalne infrastrukture naslednje generacije in širokopasovnim omrežjem na hitrih optičnih povezavah.
- V petih letih bo v vsakem mestu uresničenih pet velikih pilotnih projektov z omenjenih področij.
- Neposredni ogljični odtis IKT v mestu bo v prihodnjih desetih letih zmanjšan vsaj za 30 odstotkov.

Ciljev v listini je še veliko več, tu smo navedli le nekaj zanimivejših. Napori posameznega mesta oziroma mestnih oblasti, da se držijo svoje zaveze, bodo neposredno vplivali na podatkovne centre na območju mesta, da tudi sami prevzamejo zavezo k uresničevanju teh ciljev in dosežejo zastavljene kazalnike.

Listino je v času pisanja tega besedila podpisalo 42 mest iz 18 evropskih držav. Ljubljane ali kakega drugega slovenskega mesta med njimi ne najdemo, iz naših sosednjih držav sta nam najbližja podpisnika hrvaški mesti Zagreb in Reka, sledi pa jima italijansko mesto Benetke.

### 3.5 Greenpeace

Greenpeace je ena vidnejših nevladnih organizacij, ki pritiskajo na podatkovne centre, da bi se usmerili k bolj okoljevarstveni politiki. To skušajo doseči predvsem s pomočjo javnih objav njihovih raziskav, ki vplivajo na ugled podatkovnih centrov.

Že leta 2009 so IT-sektorju ponudili izziv »Cool IT Challenge«, s katerim prepričujejo IT-podjetja, da v svoje poslovanje uvajajo okolju prijazne inovacije, zmanjšujejo svoj ogljični odtis in spreminjajo svojo politiko v korist podnebja.

Greenpeace v okviru tega izziva občasno objavlja lestvico najboljših IT-podjetij »Cool IT Leaderboard« [14] glede na skrb za okolje; na najnovejši lestvici si prvo mesto delita Cisco in Google, sledi jima Ericsson. Microsoft je na 12. mestu s skoraj polovico manj točkami, kot jih imata prva velikana.

Tudi takšni instrumenti pomenijo pritisk na podjetja, ki se na lestvico niso uvrstila tako dobro, kot so pričakovala ali želela, obenem pa pomeni veliko potrditev in pozitivno motivacijo za tista, ki so se bolje uvrstila.

#### 3.5.1 Poročilo »How Clean is Your Cloud?«

Zelo odmevna je bila na področju podatkovnih centrov Greenpeaceova raziskava, ki so jo objavili aprila 2012 pod naslovom »How Clean is Your Cloud?« [5]. Kot navajajo v uvodu, kljub temu, da največji oblaki podatkovni centri porabijo toliko električne energije kot

180.000 gospodinjstev skupaj, njihovi lastniki in upravljavci pogosto le malo storijo za zmanjšanje te količine. Če pomislimo, kako inovativne tehnologije, aplikacije in storitve poganjajo računalniški oblaki in kakšen potencial za obnovljive energetske vire je to, se vendarle to zanemarja in centri se širijo brez globljega razmišljanja o njihovem vplivu na družbo in okolje, v katerem delujejo, ugotavlja Greenpeace. Lastnikom podatkovnih centrov očitajo, da bi morali inoviranje nadaljevati tudi pri preskrbi z energijo, ne pa da podatkovne centre napajajo najbolj umazane oblike električne energije, na primer iz premoga in nafte.

Proučili so 14 svetovnih IT-velikanov in ugotovitve so naslednje: tri največja podjetja, Amazon, Apple in Microsoft se izjemno hitro širijo in lokacije novih podatkovnih centrov načrtujejo glede na ekonomske kriterije pri preskrbi z energijo, ne pa glede na okoljske vplive.

Yahoo! in Google prednostno uporabljata obnovljive energetske vire in postavljata zgled tudi drugim. Facebook je v letu 2012 spremenil način razmišljanja na tem področju in postavil svoj prvi podatkovni center na Švedskem, kjer se bo lahko napajal le z energijo iz obnovljivih virov. Akamai, ki prenaša levji delež spletnega prometa, je prvi velikan, ki je začel poročati o svoji učinkovitosti glede ogljičnega odtisa.

Na splošno se podatkovni centri koncentrirajo na območjih s cenejšo energijo, ki je pogosto umazana (nafta, premog – npr. v Indiji). Temu sledita tudi načrtovanje in upravljanje električnih omrežij. Če se bo taka koncentracija podatkovnih centrov nadaljevala, bo čedalje težje omogočati njihovo selitev na območja s čistejšo energijo. Po drugi strani pa se kaže tudi sodelovanje in izmenjava izkušenj in nasvetov na področju učinkovitejše rabe energije, prav tako se čedalje več podjetij zaveda svoje odgovornosti do ljudi in okolja ter zato na področju zelenih tehnologij nastopa bolj proaktivno.

#### 3.5.2 Poročilo »The Green Internet«

Lani (aprila 2014) je Greenpeace izdal naslednje poročilo z naslovom *Clicking Clean: How Companies are Creating the Green Internet*. V njem ugotavljajo, da so od prejšnjega poročila (zgoraj) tako rekoč vsi operaterji velikih podatkovnih centrov izvedli vsaj nekaj korakov v smeri k okolju prijaznejšemu delovanju in k zmanjševanju podnebnih sprememb. Zlasti se pozna vpliv tistih, ki so se zavezali, da bodo uporabljali le še energijo iz 100-odstotno obnovljivih virov, saj se tako investicije v termoelektrarne in jedrske elektrarne ustavljajo oziroma se selijo v vetrne, sončne in druge čiste elektrarne. Žal so to še vedno le pionirji, saj številna podjetja v takem razmišljanju še zelo zaostajajo. Najbolj kažejo s prstom na Amazon, ki še danes električno energijo odjema le iz najcenejših virov, ne glede na njen izvor.



Poročilo zajema 19 največjih IT-podjetij in ugotavlja naslednje:

Apple, Box, Facebook, Google, Rackspace in Salesforce so se zavezali k 100-odstotni uporabi energije iz obnovljivih virov. Apple, Facebook in tudi številna druga podjetja gredo v pravo smer, vendar je transparentnosti glede izvora energije manj. Amazon Web Services (AWS), ki na svoji infrastrukturi gosti velik del spletnih mest, je glede porabljene energije netransparenten in brez sramu uporablja neobnovljive vire. Google na področju zelenega interneta ostaja vodilno podjetje, Facebook gradi največjo vetrno elektrarno na svetu, Apple pa je od leta 2012 naredil največji premik v pravo smer in uvedel največ inovacij na področju zelenega interneta.

### 3.6 Druge (nevladne) organizacije in združenja

Že leta 2008 je skupina The Climate Group [12], večkrat nagrajena mednarodna neprofitna organizacija, ki se bori proti podnebnim spremembam, v imenu Globalne iniciative za e-trajnost [13] (Global e-Sustainability Initiative) s pomočjo neodvisne analize skupine McKinsey ugotovila, da so informacijsko-komunikacijske tehnologije ključni sektor v boju proti podnebnim spremembam, saj bi lahko samo na tem področju z razumnimi ukrepi do leta 2020 dosegli kar 15-odstotno zmanjšanje izpustov Co<sub>2</sub>. Na področju IKT sta torej ključna spremljanje lastnega ogljičnega odtisa in uvajanje ustreznih ukrepov, s pomočjo katerih se ta cilj dejansko lahko doseže.

Nevladnih organizacij, ki delujejo na tem področju, je še veliko. Velike ameriške organizacije, kot so na primer Green Grid Alliance, ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating & Air-Conditioning Engineers), AFCOM (strokovno združenje za področje podatkovnih centrov) in druge skušajo pomagati upravljavcem podatkovnih centrov predvsem z ozaveščanjem in obveščanjem, torej s pomočjo izobraževanja in svetovanja pri gradnji novih ali obnovi obstoječih podatkovnih centrov.

## 4 SKLEP

Podatkovni centri, ki bodo v prihodnosti želeli optimalno krmariti med potrebami uporabnikov, zahtevami zakonodajalcev in zmožnostmi podjetij, bodo morali najti ustrezen način soočanja z negotovostjo in kompleksnostjo politik na področju varstva okolja. Nadaljevati bodo morali z investicijami v energetska učinkovitost, čim boljše bodo morali izkoristiti spodbude, ki jih dajejo države, in morali bodo biti pripravljene izkoristiti priložnosti, ki jih prinašajo različne novosti na področju okoljevarstvenih politik [4].



Slika 5: Za prihodnost naših otrok je pomembno, da mislimo na okolje že danes. (Vir: greenpeace.org)

## 5 LITERATURA

- [1] Robert R. Harmon, Nora Auseklis, "Sustainable IT Services: Assessing the Impact of Green Computing Practices", Proc. PICMET 2009, IEEE 2009, dostopno na: <http://www.pitt.edu/~dtipper/3350/GreenICT1.pdf>.
- [2] Energystar, "UNDERSTANDING AND DESIGNING ENERGY-EFFICIENCY PROGRAMS FOR DATA CENTERS", November 2012, dostopno na: [http://www.energystar.gov/ia/products/power\\_mgt/ES\\_Data\\_Center\\_Utility\\_Guide.pdf](http://www.energystar.gov/ia/products/power_mgt/ES_Data_Center_Utility_Guide.pdf).
- [3] Murugesan, San, "Harnessing Green IT: Principles and Practices", IEEE Computer Society, 2008.
- [4] CB Richard Ellis, "ENERGY POLICY RESEARCH & IMPLICATIONS FOR DATA CENTRES IN EMEA", The Green Grid, 2012.
- [5] Greenpeace, "How Clean is Your Cloud?", April 2012, dostopno na: <http://www.greenpeace.org/international/Global/international/publications/climate/2012/iCoal/HowCleanisYourCloud.pdf>.
- [6] EU, "Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on the energy performance of buildings", dostopno na: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32002L0091>.
- [7] EU, "Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings", dostopno na: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:32010L0031>.
- [8] Code of Conduct, 2014, dostopno na: <http://iet.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency/ict-codes-conduct/data-centres-energy-efficiency>.
- [9] Code of Conduct, "Towards a low carbon Europe", dostopno na: [http://iet.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency/sites/energyefficiency/files/data\\_centre\\_coc\\_folder.pdf](http://iet.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency/sites/energyefficiency/files/data_centre_coc_folder.pdf).
- [10] EU, "Directive 2005/32/EC of the European Parliament and of the Council of 6 July 2005 establishing a framework for the setting of ecodesign requirements for energy-using products and amending Council Directive 92/42/EEC and Directives 96/57/EC and 2000/55/EC of the European Parliament and of the Council", dostopno na: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:32005L0032>.
- [11] Green digital charter, dostopno na: <http://www.greendigitalcharter.eu/>.
- [12] The Climate Group, dostopno na: <http://www.theclimategroup.org/>.
- [13] Global e-Sustainability Initiative, dostopno na: <http://gesi.org/>.
- [14] Greenpeace, *Cool IT Leaderboard version 9*, 2013. Dostopno na: <http://www.greenpeace.org/international/en/publications/Campaign-reports/Climate-Reports/Cool-IT-Leaderboard/>.
- [15] Greenpeace, *Clicking Clean: How Companies are Creating the Green Internet*, april 2014, dostopno na: <http://www.greenpeace.org/usa/Global/usa/planet3/PDFs/clickingclean.pdf>.
- [16] R. Buyya, A. Beloglazov, J. Abawajy, *Energy-Efficient Management of Data Center Resources for Cloud Computing*:

- A Vision, Architectural Elements, and Open Challenges*, Proc. 2010 Intl. Conf. Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications (PDPTA 2010), Las Vegas, USA, July 12–15, 2010.
- [17] Baliga, J.; Ayre, R.W.A.; Hinton, K.; Tucker, Rodney S., "Green Cloud Computing: Balancing Energy in Processing, Storage, and Transport," in *Proceedings of the IEEE*, vol. 99, no.1, pp.149–167, Jan. 2011.
- [18] B. Dougherty, J. White, D. C. Schmidt, *Model-driven auto-scaling of green cloud computing infrastructure*, Future Generation Computer Systems, Volume 28, Issue 2, February 2012, Pages 371–378.
- [19] M. Ali, Green Cloud on the Horizon, in: Jaatun, M., Zhao, G., Rong, C. (eds), *Cloud Computing*, Springer Berlin Heidelberg 2009, pp. 451–459.
- [20] S. K. Garg, C. S. Yeo, R. Buyya, Green Cloud Framework for improving Carbon Efficiency of Clouds, EUROPAR 2011, LNCS 6852, Part I, pp.491–502, Springer Berlin Heidelberg 2011.
- [21] J. Li, B. Li, T. Wo, C. Hu, J. Huai, L. Liu, K. P. Lam, CyberGuarder: A virtualization security assurance architecture for green cloud computing, Future Generation Computer Systems, Volume 28, Issue 2, February 2012, Pages 379–390.
- [22] Farahnakian, F., Pahikkala, T., Liljeberg, P., Plosila, J., Tenhunen, H., "Utilization Prediction Aware VM Consolidation Approach for Green Cloud Computing," in *Cloud Computing (CLOUD), 2015 IEEE 8th International Conf.*, pp.381–388, June 27 2015–July 2 2015.
- [23] Berral, J. L.; Goiri, I.; Nguyen, T. D.; Gavalda, R.; Torres, J.; Bianchini, R., "Building Green Cloud Services at Low Cost," in *Distributed Computing Systems (ICDCS), 2014 IEEE 34th International Conference on*, vol., no., pp.449–460, 2014.
- [24] Anandharajan, T. R.V. and M. A. Bhagyaveni. "Minimum Power Performance-Based Virtual Machine Consolidation Technique for Green Cloud Datacenters." *Int'l Green Computing* Vol.5 No.1 (2014): 24–43.
- [25] X. Cui, B. Mills, T. Znati, R. Melhem, Shadow Replication: An Energy-Aware, Fault-Tolerant Computational Model for Green Cloud Computing, *Energies* **2014**, 7(8), 5151–5176.
- [26] S. Jing, S. Ali, K. She, Y. Zhong, State-of-the-art research study for green cloud computing, *J Supercomput* (2013) 65:445–468.
- [27] R. Rajasekar, A. Mohammed, Energy Balancing in Data Centre Networks through Green Cloud Computing, *IJSER*, Volume 2, Issue 3, March 2014.

**Mojca Ciglaric** je doktorirala leta 2003 z naslovom Usmerjanje ponavljajočih se poizvedb v vsebinskih omrežjih. Od leta 1993 je zaposlena na UL FRI, najprej kot mlada raziskovalka in nato kot asistentka. Leta 2006 je pridobila naziv docentke. V pedagoškem procesu je sodelovala tudi na drugih fakultetah, tako raziskovalno kot pedagoško pa deluje predvsem na področju računalniških komunikacij, porazdeljenih sistemov in oblakov ter varnosti komunikacij in informacijskih sistemov.

Sodelovala je in še sodeluje (kot nosilka ali raziskovalka) pri številnih večjih in manjših aplikativnih in raziskovalnih projektih s področja računalniških komunikacij, porazdeljenih sistemov in omrežne varnosti. Njena bibliografija obsega 12 izvornih znanstvenih člankov, več kot 60 prispevkov na konferencah, pet samostojnih sestavkov v monografskih publikacijah, soavtorstvo dveh univerzitetnih in enega gimnazijskega učbenika in številna druga dela.